

# INERTIAL GUIDE APPARATUS AND METHOD FOR NAVIGATION SYSTEM FOR CAR

**Publication number:** JP2001221652 (A)

**Publication date:** 2001-08-17

**Inventor(s):** CHOWDHARY MAHESH +

**Applicant(s):** VISTEON TECHNOL LLC +

**Classification:**

- international: **G01C21/00; G01C21/12; G01C21/26; G01S19/48; G08G1/0969; G09B29/10; G01C21/00; G01C21/10; G01C21/26; G01S19/00; G08G1/0969; G09B29/10; (IPC1-7): G01C21/00; G01C21/12; G01S5/14; G08G1/0969; G09B29/10**

- European: **G01C21/16A; G01C21/26**

**Application number:** JP20000327594 20001026

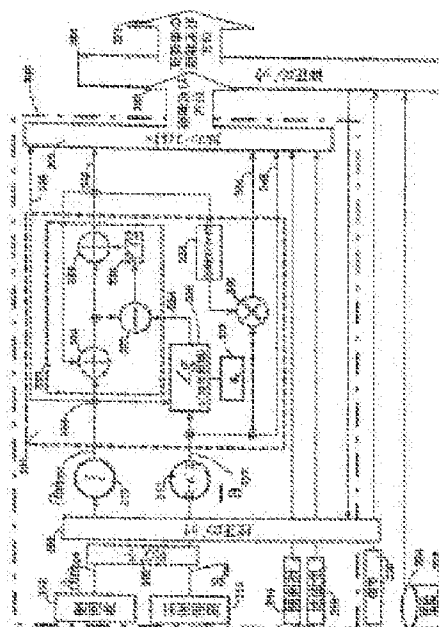
**Priority number(s):** US19990430557 19991029

**Also published as:**

EP1096230 (A2)  
EP1096230 (A3)  
EP1096230 (B1)  
US6282496 (B1)

## Abstract of JP 2001221652 (A)

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a small-sized navigation system for a vehicle, having flexibility at determination of the present position from the pervious position, which is high in accuracy and efficiency and advantageous in term of cost. **SOLUTION:** Inertial guid sensors 212-216 detect the movement of a vehicle by a non-inertial coordinates system to from the sensor signals corresponding thereto. A deformation unit 304 is connected, in order to receive the sensor signals formed by the inertial guide sensors and deforms the sensor signals to a dummy inertial coordinates system to form the first signal corresponding thereto. A logic unit 308 receives the first signal formed by the deformation unit 304, to convert the same to the estimate value of the position and azimuth of the vehicle.



Data supplied from the **espacenet** database — Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2001-221652  
(P2001-221652A)

(43) 公開日 平成13年8月17日 (2001. 8. 17)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード <sup>*</sup> (参考)
G 0 1 C	21/12	G 0 1 C 21/12	N 2 C 0 3 2
	21/00	21/00	A 2 F 0 2 9
G 0 1 S	5/14	G 0 1 S 5/14	5 H 1 8 0
G 0 8 G	1/0969	G 0 8 G 1/0969	5 J 0 6 2
G 0 9 B	29/10	G 0 9 B 29/10	A

審査請求 未請求 請求項の数 1 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2000-327594 (P2000-327594)

(22) 出願日 平成12年10月26日 (2000. 10. 26)

(31) 優先権主張番号 0 9 / 4 3 0 5 5 7

(32) 優先日 平成11年10月29日 (1999. 10. 29)

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 599068957

ヴィステオン・テクノロジーズ・エルエル  
シイ  
アメリカ合衆国・48126・ミシガン州・デ  
ィアボーン・オート クラブ ドライブ・  
5500

(72) 発明者 マヘシュ チョウダリー

アメリカ合衆国 カリフォルニア州  
95135, サン ホセ プリタニー コート  
3282

(74) 代理人 10007/931

弁理士 前田 弘 (外7名)

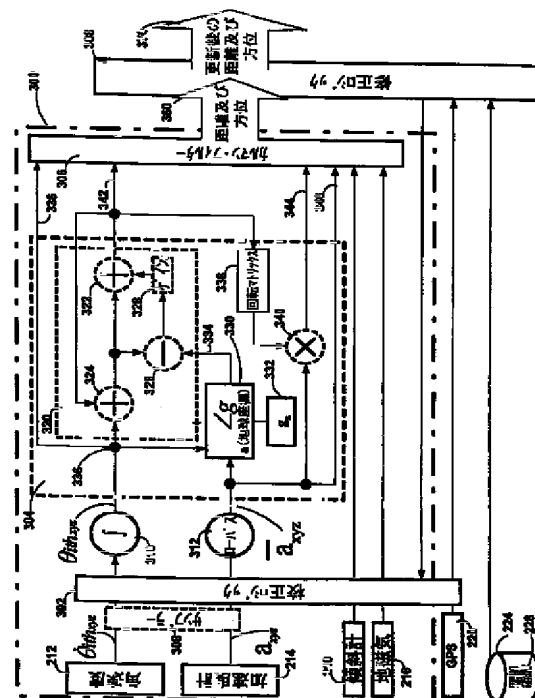
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 自動車用ナビゲーション・システムのための慣性誘導装置及び方法

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 前の位置から現在位置を判定する際に、柔軟性があり、精度が高く、効率が高く、そしてコスト的に有利な、小型の車両用ナビゲーション・システムを提供する。

【解決手段】 慣性誘導センサー212-216は、車両の運動を非慣性座標系で検出し、それに対応するセンサー信号を形成する。変形ユニット304は、慣性誘導センサーにより形成されたセンサー信号を受けるために、接続される。変形ユニット304は、センサー信号を擬似慣性座標系へと変形し、そこに対応する第1信号を形成する。ロジック・ユニット308は、変形ユニット304により形成された第1信号を受け、第1信号を、車両の位置及び方位の推定値へ変換する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 車両を経路誘導する方法であって、上記車両の初期位置及び初期方位を検出する工程、車両の運動を非慣性座標系で検出する工程、該検出工程で検出された上記運動を擬似慣性座標系での運動へ変形する工程、擬似慣性座標系の上記運動を位置変化と方位変化へ変換する工程、及び上記位置変化を上記初期位置へ、そして上記方位変化を上記初期方位へ、追加し、更新後の位置推定値及び更新後の方位推定値をそれぞれ形成する工程、

を有する、車両を経路誘導する方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、概略的には車両のナビゲーション・システムに関する。より具体的には、本発明は、車両用ナビゲーション・システムで用いられる推測航法モジュールの改良に関する。

## 【0002】

【従来の技術】現在の車両用ナビゲーション・システムは、車両の位置を特定するために、複数の独立した位置判定手段を用いるハイブリッド形となっている。位置判定手段には、グローバル・ポジショニング・システム（GPS）衛星、推測航法システム及び地図データベースが含まれる。一般的に、この様なシステムの中の一つが、ナビゲーション・システムの一次機能を実行することになり、残りの判定手段は、一次システムでの累積誤差を校正するのに用いられる。それぞれの判定手段には、特有の利点と制約がある。

【0003】GPSは、車両の位置を判定するために用いられる電磁波測位システムである。GPSには、Navstar GPS及びその後継版、つまり微分GPS（DGPS）、WAASなどの電磁波測位システム、が含まれる。Navstarは、アメリカ国防省により開発された宇宙空間の衛星による無線ナビゲーションを用いるGPSシステムである。GPS受信機は、少なくとも4つの衛星の視界を妨げなかったときにユーザーに、連続的な三次元位置、速度及び時間のデータを与える。Navstar GPSは、宇宙領域、制御領域そしてエンド・ユーザー領域の3つの主要な領域からなる。宇宙領域は、地表上の6個の軌道面内に位置する24個の業務用衛星の一群からなる。衛星は、円形軌道内にあり、そして、いかなる時にも地球上のいかなる地点からも最低5個の衛星をGPSユーザーが見える様な方位に、ある。衛星は、ラジオ周波数（RF）信号を発し、それは、ナビゲーション・データ提供のために、精密レンジング信号と粗い認識コード・レンジング信号により変調される。このナビゲーション・データは、全てのGPS衛星についてGPS制御領域により演算及び制御され、それには、衛星の時間、時刻修正及び暦のパラメーター、暦そして健全度合が、含まれる。ユーザー領域は、GPS

受信機及びアンテナ及び処理器の様なその補助装置の集合であり、それは、ユーザーが、コードを受信して、位置、速度及び時間的計測値を得るのに必要な情報を処理することを、可能とする。GPSによる測位には、車両ナビゲーションに関連して、2つの主要な欠点がある。第1に、GPS信号の一般市民が利用可能な部分には、誤差が含まれている。米国政府は、100メートルの範囲の位置誤差を入れている。市街地において、互いに100メートル離れていないものがある程に街路が近接しているが故に、これは、不適切なナビゲーション能力を招く可能性がある。

【0004】GPSの第2の欠点は、建物等の多くの障害物がある市街地にユーザーがいる際に、適切な位置判定をするのに十分な数の衛星からの情報を受けることが出来ない場合がある、ということである。この理由のために、GPSは、推測航法及び地図データベースの様な、他の位置判定手段とのハイブリッド・ナビゲーション・システムにおいて、用いられるのが一般的である。

【0005】従来のシステムは、現在の車両位置を計算するために、地図データベースに記憶された道路ネットワークを用いる。この様なシステムは、マップ・マッチングを実行するために、GPS又は推測航法のいずれかが導く距離及び走行方位情報を送る。マップ・マッチングは、データベースに記憶された道路ネットワーク及び入力位置と走行方位のデータに基き、現在位置を計算する。この様なシステムはまた、センサーを校正するために、マップ・マッチングを用いる。しかしながら、マップ・マッチングは、時間的に戻ってデータを位置に適合させなければならないので、本来的な不正確さを持つ。その様であるので、マップ・マッチングは、絶対位置が地図上で特定される場合にのみ、センサーを校正するか又は、位置判定手段として機能することが出来る。しかしながら、長く直線の続く高速道路では、マップ・マッチングを用いるセンサー校正又は位置判定が、かなりの期間にわたり行われなない場合がある。

【0006】現在の陸上推測航法システムは、既知の位置から車両位置を推測するために、車速センサー、レート・ジャイロ、後進段検出部及び車輪センサーを用いる。この推測航法は、センサー誤差及び累積誤差に影響を受け易い。更に、オドメーター及び後進段検出部を用いるシステムは、接続部が必要とされるために、小型化の可能性に欠けるものとなっている。更に、そのシステムは、オドメーターの構成の違いのために、異なる自動車に組込むのが困難である。加えて、それぞれのオドメーターが、変速機内で異なる数のパルス・カウントを発生する場合がある。オドメーターのデータは又、温度、負荷、重量、タイヤ空気圧及び速度により変化する。更に、クルーズ・コントロールやABSセンサーへの接続部が、安全上の問題を生じる可能性もある。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】従って、前の位置から現在位置を判定する際に、柔軟性があり、精度が高く、効率が高く、そしてコスト的に有利な、小型の車両用ナビゲーション・システムに対する必要性が存在する。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は、改良された、車両用慣性誘導ナビゲーション・システム、別名、車両のナビゲーション用推測航法システムを開示する。慣性誘導ナビゲーション・システムは、車両の位置を判定するために、単独で用いられても、GPS及び地図データベースの様な他の位置判定手段と組合わせて用いられても良い。この推測航法システムは、既存のシステムに対し、いくつかの利点を持つ。第1に、それは、いかなる車両にも容易に取付けられ得る。第2に、それは、車両上に存在しているセンサーとのインターフェースを必要としない。第3に、そのシステムは、シャシー及び慣性誘導センサーの角度／回転及び、シャシーの傾斜角つまり傾きにより、もたらされる位置及び方位判定の誤差を、地球の様な慣性／擬似慣性座標系に関して、取除くロジックを含む。

【0009】本発明の実施形態において、車両のナビゲーション用慣性誘導システムが開示される。この慣性誘導システムは、慣性誘導センサー、座標変換ユニット及びロジック・ユニットを、含む。上記慣性誘導センサーは、車両への接続に適したものである。上記慣性誘導センサーは、上記車両の運動を非慣性座標系で検出し、それに対応するセンサー信号を形成する。上記座標変換ユニットは、上記慣性誘導センサーにより形成された上記センサー信号を受けるために、接続される。上記座標変換ユニットは、上記センサー信号を擬似慣性座標系へと変換し、そこに対応する第1信号を形成する。上記ロジック・ユニットは、上記座標変換ユニットにより形成された第1信号を受け、該第1信号を、上記車両の位置及び方位の推定値へ変換する。

【0010】本発明の実施形態において、車両のナビゲーション用ハイブリッド・システムが開示される。このハイブリッド・システムは、慣性誘導センサー、座標変換ユニット、第1及び第2のロジック・ユニット及び位置と方位の判定手段、を含む。上記慣性誘導センサーは、車両への接続に適したものである。上記慣性誘導センサーは、上記車両の運動を非慣性座標系で検出し、それに対応するセンサー信号を形成する。上記座標変換ユニットは、上記慣性誘導センサーにより形成された上記センサー信号を受け、該センサー信号を擬似慣性座標系へと変換し、そしてそこに対応する第1信号を形成する。上記第1ロジック・ユニットは、上記座標変換ユニットにより形成された上記第1信号を受ける。上記ロジック・ユニットは、上記第1信号を、上記車両の位置及び方位の推定値へ変換し、そして、そこに対応する位置と方位の第1推定信号を形成する。上記位置と方位の判

定手段は、上記車両の位置と方位の推定値に対応する位置と方位の第2推定信号を形成する。上記第2ロジック・ユニットは、上記第1ロジック・ユニットにより形成された位置と方位の第1推定信号を、上記位置と方位の判定信号により形成された位置と方位の第2推定信号と共に、受け、そしてそこから、上記車両の位置と方位を推定する。

【0011】本発明の更に別の実施形態において、車両を経路誘導する方法が開示される。その方法は、上記車両の初期位置及び初期方位を検出する工程、車両の運動を非慣性座標系で検出する工程、該工程で検出された上記運動を擬似慣性座標系での運動へ変換する工程、擬似慣性座標系の上記運動を位置変化と方位変化へ変換する工程、及び上記位置変化を上記初期位置へ、そして上記方位変化を上記初期方位へ、追加し、更新後の位置推定値及び更新後の方位推定値をそれぞれ形成する工程、を有する。

【0012】本発明の別の実施形態において、車両を経路誘導するコンピューター・プログラム製品が開示される。このコンピューター・プログラム製品は、コンピューターにより読み出し可能な記憶媒体を有し、それは、その中に表現されたプログラム・コード手段を持ち、該コンピューター読み出し可能プログラム・コード手段が、上記車両の初期位置及び初期方位を検出するコンピューター読み出し可能プログラム・コード手段、上記車両の運動を非慣性座標系で検出するコンピューター読み出し可能プログラム・コード手段、該検出動作において検出された上記運動を擬似慣性座標系へ変換するコンピューター読み出し可能プログラム・コード手段、擬似慣性座標系での上記運動を位置変化及び方位変化へ変換するコンピューター読み出し可能プログラム・コード手段、及び上記位置変化を上記初期位置へ、そして上記方位変化を上記初期方位へ加えて、それぞれ更新後の位置推定値及び更新後の方位推定値を形成する、コンピューター読み出し可能プログラム・コード手段、を有する。

【0013】本発明のこれらのものなどの構成及び効果は、添付の図面に関連させれば、以下の詳細な説明から当業者には、より明らかとなる。

【0014】

【発明の実施の形態】本発明は、改良された車両用推測航法システムを開示し、それは、車両の位置を判定するために、単独で用いられても、GPS及び地図データベースの様な他の位置判定手段と組合わせて用いられても良い。この推測航法システムは、既存のシステムに対し、いくつかの利点を持つ。第1に、それは、いかなる車両のシャシーにも容易に取付けられ得る。第2に、それは、例えばオドメーター、ABSなどの車両上に存在しているセンサーとのインターフェースを必要としない。推測航法システムは、2／3軸加速度計、2／3軸角速度センサー、1／2／3軸傾斜計及び重力計の一つ又は全

てを含む、慣性誘導センサーを用いる。慣性誘導センサーは、慣性誘導パッケージ114(図2乃至4及び7を参照)内に取付けられ、それは次に車両のシャシーに固定される。第3に、そのシステムは、シャシー及び慣性誘導センサーの角度/回転及び、シャシーの傾斜つまり傾きにより、もたらされる位置及び方位判定の誤差を、地球の様な慣性/擬似慣性座標系に関して、取除くロジックを含む。

【0015】図1は、地球100の地図上に重ねられた車両用推測航法システム用擬似慣性座標系(別名「地球」座標)102を示す。その座標系は、直交 $x$ ,  $y$ ,  $z$ 軸を含む。軸の原点は、地球の表面に位置し、車両と共に移動する。図示の例において、正の $x$ 軸は車両の前進運動の方向に沿って向いており、負の $z$ 軸は重力ベクトル104と一直線に並べられる。慣性座標系は、ニュートンの第1法則(全ての物体は、それに作用する力により状態を変えるのを強制されない限り、その静止状態又は、一定の直線運動状態に、留まる)がその中で有効となる座標系である。地球座標は、宇宙での物体に対するその様な座標の加速度が小さいが故に、擬似慣性座標系である。 $x$ 及び $y$ 軸により規定される面は、地球面として特定されるはずである。地球座標のそれぞれの軸回りには、「右手の法則」に従う矢印が示されている。 $x$ ,  $y$ 及び $z$ 軸回りの回転はそれぞれ、ロール、ピッチ及びヨーとして規定される。

【0016】本発明の実施形態において、車両のロールとピッチは、ロール、ピッチ及びヨーについての角速度センサーからの信号を積分することにより、計算される。この態様で計算される車両のロール及びピッチは、その車両について計測された加速度を、非慣性座標系から擬似慣性座標系へと変形するのに、用いられる。その取組み自体には、いくつかの限界がある。第1に、角速度信号におけるいかなるオフセット誤差つまりバイアスも、積分計算された角度における誤差を発生することになり、この誤差が時間と共に線形的に増加することになる。第2に、角速度センサーからの信号における不規則ノイズが、積分計算された角度のランダム・ウォークを発生することになる。本発明の別の実施形態においては、車両の角度が、加速度計又は傾斜計と共に角速度センサーを用い、より正確に判定される。これらの機器からの信号は、長い期間にわたり正確かつ安定な車両の角度の計測値を発生するのに、組合わせることが出来る(図8を参照)。

【0017】理想的なのは、慣性誘導システムのセンサーが地球面内に静止していることであろう。現実には、センサー・パッケージは、車両のシャシーに取付けられる。シャシーは、地球面内に静止しておらず、それでセンサー・パッケージもそうはならない。車両が登坂する際に、それは、地球座標の $y$ 軸回りに、傾斜つまり地面の $y$ 軸回りの角度に等しい角度 $\theta_{iy}$ だけピッチ運動す

る。車両が高速道路のバンク付のカーブを回る際に、車両は、 $x$ 軸回りに、バンクの傾斜つまり地面の $x$ 軸回りの角度に等しい角度 $\theta_{ix}$ だけロール運動する。車両が $x$ 軸に沿って加速する際に、シャシーは、 $y$ 軸回りに、シャシーの後部についてのシャシーの傾きに等しい角度 $\theta_{ty}$ だけ、ピッチ運動する。車両が曲線道路回りを移動する際に、求心加速度が導く傾きが、車両を、 $x$ 軸回りに、 $mv^2/r$ に比例する量だけ、ロール運動させる。車体面つまりシャシーの面は、地面の傾斜又は車両の加速/減速が導く傾きのいずれか又は両方に応じて、地球の面からずれる場合がある。その様な作用は、地球面の $x$ ,  $y$ 及び $z$ 軸の両方の回りで見ることが出来る。慣性誘導システムの精度は、これらのずれにより影響され、ずれのそれぞれが、 $x$ 及び $y$ 加速度計の計測値への重力ベクトルの投影につながる。同様の考察が、2/3軸角速度センサー、加速度計又は傾斜計に導かれる誤差に当てはまる。本発明は、地球面に対する車体面の傾き/傾斜により導かれる慣性誘導センサーの計測値における誤差を取除く方法及び装置を、提供する。

【0018】図2及び3は、地面106上に位置する車両110の立面図を示す。地面106は、例えば、坂、谷、上り坂、下り坂などの、車両がその上に配置された土地により、規定される。車両のシャシーは車体面112を規定する。慣性誘導センサーを含む推測航法システム114は、シャシーに固定される。車両用推測航法及び経路誘導システムは、慣性/擬似慣性座標系についての加速度を規定しようとするものである。それで、地球面に対しての地面の傾斜又は、車両の加速又は減速によりもたらされる地面に対する車体面の傾きにより、もたらされる車体面のずれは、それらの読取り値の精度を有効なものとする推測航法システムに付随する計測値を相互に関連させることになる。

【0019】図2において、車両は、地球面と同じ地面の上で加速している。車体面に対する垂線120が示されている。加速度が導く車両の傾きに起因して、垂線は $z$ 軸から角度 $\theta_{ty}$ だけ、ずれている。車両の加速は、車両の前部を浮き上がらせる傾向があり、減速は反対の効果を持つ。図3において、車両は坂を上って加速している。地面に対する垂線122は、 $z$ 軸に対して角度 $\theta_{iy}$ をなす。これは、地球面に対して車両の車体面112を傾ける。加えて車両の加速が、垂線120の車体面に対する更なる傾き $\theta_{ty}$ につながる。地球面に対する車体面の $y$ 軸回りの角度は、 $\theta_{iy} + \theta_{ty}$ である。これは、車体面の $y$ 軸回りの重力ベクトルに対する角度に、ほぼ等しい。この角度は、それで、 $y$ 軸についての重力ベクトルに対する角度 $\angle g_y$ として特定されるはずである。重力ベクトルに対する同様の角度 $\angle g_x$ ,  $\angle g_z$ が、 $x$ 軸及び $z$ 軸に対して存在する。そして、これらの角度は、重力ベクトルに対する角度又は「重力角度」として、種々に特定されることになる。この角度は、車両の運動を検出するのに加速度

計が用いられる場合に、車両位置を判定するに際して考慮される必要がある。例えば、修正がなければ、x軸加速度計は、上り坂を一定速度で運動する車両について正の加速度読取り値を発生することになる。これは、センサー・パッケージの傾斜によりもたらされる、x軸センサーのずれにより、もたらされることになるものである。x軸センサーが地球面に対して傾斜させられると、そのセンサーは、重力ベクトル104の地面への投影に比例した信号を、発生することになる。その寄与の大きさは、 $mg \sin \theta_{iy}$ になることになる。修正がなければ、上り坂を走行しながら減速している車両のx軸加速度計は、重力ベクトル104の地面への投影の大きさが車両の減速度よりも大きい場合には、減速ではなく加速を示す場合があることになる。

【0020】図4は、経路146に沿う左旋回を示す、車両の上面図である。地球座標のx及びy軸が図面の面内に示されている。z軸は、図面の面に垂直である。推測航法システム・パッケージ114が、車両のシャシーに固定されているのが、示されている。x軸の車両運動に対して、推測航法パッケージについて関連する3つの角度が示されている。これらのうちの第1の $\theta_{tz}$ は、z軸回りの車両シャシーのヨーである。車両のヨーは、旋回中に直線に従おうとする車両のシャシーのモーメントにより、もたらされる。ヨーの大きさは、旋回半径の小ささ、車両の速度及びサスペンションの柔軟性と共に、増大する。それぞれは、シャシーが車輪との整列関係から一時的にずれるのを可能とする。線140は、図示の例についてのヨーの量つまり $\theta_{zy}$ を規定する。関連する第2の角度は $\theta_{iz}$ であり、それは、旋回中の地面の傾きの結果として車両に導かれるヨーの大きさである。例えば、高速道路の出口ランプのバンクは、ヨーとロールの両方に寄与することになる。図示の例において、線142は、導かれたヨーを傾斜の大きさに反映する。関連する角度の残りのもの $\theta_{hz}$ は、計測期間での方位変化である。この瞬間において、経路146を辿る車両の車輪によりもたらされる方位の変化が、線144により示されている。傾斜及び傾きにより導かれるヨーについての修正がなければ、車両の実際の方位は、誤差成分を含むことになる。

【0021】解説目的に、自動車が平坦な地面に静止している場合に、3軸加速度計アレイのそれぞれの加速度計が、車体面と整列され、そして、それぞれが地球座標のx、y、z軸と一直線に並べられている、と仮定する。それで、オフセットについて修正後に、加速度計アレイは、以下の読取り値を発生することになる。すなわち、 $A_x = A_y = 0$ 及び $A_z = 9.8\text{m/sec}^2$ である。ここで、自動車が静止している状態での地面の傾斜により、機器のパッケージが回転するとすると、加速度計読取り値が変化し、 $A_z$ により計測された加速度が減少することになる。

【0022】図5は、 $\theta_y = -15^\circ$ に等しい量だけ、y軸回りに回転した車体を示す。また、示されているのは重

力ベクトル104であり、それと共に、車両のシャシーにより規定された非慣性車体座標系のx及びz軸上それぞれでの重力ベクトルの投影150-152である。重力ベクトル104のx軸への投影、つまり回転した座標系でのベクトル150は、 $-2.5 [\text{m/sec}^2]$  (数2参照)の大きさを持つことになる。x軸加速度計は、実際には無い場合にも、減速を表す $A_x = -2.5$ を読むことになる。この影響を排除するために、回転量の負数である、重力角度 $\angle g_y$ を判定する必要があることになる。この場合において $\angle g_y = +15^\circ$ である。重力角度の正弦と重力定数の積はそして、x軸からの計測読取り値から引かれ、地球座標に対する車体面の回転の影響を排除する。車両が一定速度で動く際に、同じ修正がなされるべきである。車両が加速している場合も、重力角度が一定のままである、つまり、y軸回りの車体面の傾きと傾斜の合成値が $-15^\circ$ に等しいとすれば、同じ修正がなされるべきである。それで、この後者の場合に、 $A_x$ は、x軸に沿う地球面での加速度に等しい非ゼロ値に等しくなる。

【0023】ピッチが地球座標に対する車体面の回転への主要な影響を持つと仮定すると、重力角度 $g_y$ を判定し、 $A_z$ が非慣性つまり車体座標系でのz軸に沿っての加速度計の出力である下記の式により、 $A_x$ を慣性読取り値に変換する、ことも可能である。

【数1】 $\angle g_y = \arcsin(A_z / -9.8)$

【数2】 $A_x \leftarrow (A_x - (\sin(\angle g_y) \cdot (-9.8)))$

【数3】

重力ベクトル<sub>(104)</sub> =  $\Sigma$ 投影ベクトル<sub>(150-152)</sub>

【0024】数1及び2は、先に述べた。数3は、回転された非慣性座標系のz及びx軸上それぞれでの投影ベクトル150、152の和が、重力ベクトル104に等しいという事実を反映したものである。y軸回りのピッチは慣性センサー読取り値における誤差の主な原因であるものの、誤差への二次的な寄与が車両のロールによりもたらされる。その様な状況が図6に示されている。

【0025】図6において、車体面の地球座標系に対するピッチ及びロールの両方が起こっている。ランプを通過して高速道路へ入る時に当てはまることになる様に、車体面は、ピッチ $\theta_y = -15^\circ$ とロール $\theta_x = -3^\circ$ の対象となる。下記の数4に示される様に、投影ベクトルの和が重力ベクトルに等しくなるということが、また当てはまる。

【数4】

重力ベクトル<sub>(104)</sub> =  $\Sigma$ 投影ベクトル<sub>(160-164)</sub>

【0026】車両がピッチとロールの両方を経験している時の、擬似慣性座標系における真の加速度については、対応する解が存在する。例えば、ピッチつまり $\theta_y = -15^\circ$ でロールつまり $\theta_x = 3^\circ$ の場合に、下記の数式により表される様に、y軸に沿って計測された加速度は $0.259g$ となり、x軸に沿っては $0.052g$ となる。

ピッチ $\theta_y = \sin^{-1}(0.259g/g) = 15^\circ$

ピッチ $\theta_x = \sin^{-1}(0.052g/g) = 3^\circ$

【0027】図7は、車両用ナビゲーション・センサーのハイブリッド実施形態の構成部品のハードウェア・ブロック図である。パッケージ114は、傾斜計、角速度センサー、加速度計及び地磁気センサーをそれぞれ含む慣性センサー210-216を持つ。加えて、GPSモジュール220が示されている。センサーの全ては、インターフェース230を介してシステム・バス250へ接続される。CPU 232、RAM 234、ROM 236、主メモリ228及びI/Oインターフェース238が、システム・バスに接続されるのが示される。出力通報機242及びユーザー・インターフェース244がI/Oインターフェース238に接続されるのが示される。本発明の実施形態において、慣性センサーは以下の能力を持つ。傾斜計210は、地球面に対する車体面のピッチとロールの両方を検出し、そこに対応するセンサー信号を形成する二軸器械である。角速度センサー212は、ロール、ピッチ及びヨーを計測し、そこに対応するセンサー信号を形成する、三軸器械である。加速度計214は、車両の加速度を検出し、そこに対応するセンサー信号を形成する、三軸器械である。場合によって用いられる地磁気センサー216は、車両の羅針方位を計測し、そこに対応するセンサー信号を形成する。

【0028】慣性センサーに加えて、GPSモジュール220が設けられる。GPSモジュールは、例えば、衛星ベースのナビゲーション・システムからの信号を受ける。慣性センサーそしてGPSモジュールからのデータは、以下の図8乃至10と関連させて記載され説明される処理を実行するCPU 232へ、送られる。主メモリ228は、地図データベース224と共に、マップ・マッチング及びGPS測位そして推測航法を、以下の図8乃至10と関連させて説明される処理に従い実行する、プログラム・コードを、記憶する。RAM 130は、その様なソフトウェア・プログラムを実行するのに必要な情報の読み出し及び書込みを、許容する。ROM 236は、システムBIOSを記憶することが出来る。I/Oインターフェース238が、CPU 232により処理されるデータを受け、そのデータを、音声、動画、テキスト又はそれらの組合せとして、ユーザーへ示すために、出力通報機242へ送信する。ユーザーは、ユーザー・インターフェース244を介して、目的地の様なデータを、入力することが出来る。そのインターフェースはキーボード又は音声認識システムであってもよい。

【0029】主メモリ228に記憶された地図データベース224は、道路の交差点つまり結節点、道路の区間、目標物そして重要度の高い地点などの地理的情報を示すために、緯度と経度の座標の様な位置データを、有することが出来る。データベースは更に、道路と場所の名前、分岐、一方通行規制、速度制限、形状、高度などの特性の様な、道路又は場所の特徴を表すデータを有する。加えて、地図データベースは、個別のノード及び道路区間に付随するコストの値を、含む場合がある。この

様なコスト値は、それぞれのノード又は区間を進行するための期間の推定値を記録することになろう。区間コストは、両方がその区間での進行時間に影響する速度制限又は区間長さの様な道路特性に、反映し得る。加えて、データベースは、路地、市道、県道、高速道路などの、道路の種別つまり形式に関連する、道路階層値を含む場合もある。

【0030】図8は、車両用ハイブリッド・ナビゲーション・システム内での推測航法／慣性誘導モジュールの詳細な実施形態を示すソフトウェア／ハードウェア・ブロック図である。ここに開示されたロジック／処理は、図7に関連させて上述したハードウェアに組込まれ得るものである。

【0031】推測航法／慣性誘導モジュール300は、慣性誘導センサー210-216、校正ロジック302、積分器310、ローパス・フィルタ312、座標変換ユニット304及びカルマン・フィルタ306を、含む。座標変換ユニットは、慣性基準モジュール330、重力モジュール332、慣性回転モジュール320、乗算器340及び回転マトリックス338を、含む。本発明の実施形態においては、サンプラー308も含まれる。慣性回転モジュールは、減算器326、加算器322-324及びゲイン・モジュール328を含む。ハイブリッド・システムはまた、GPSモジュール220と地図データベース224の様な位置／方位判定モジュールを含む。推測航法／慣性誘導モジュール300、GPSモジュール220及び地図データベース228の出力が、修正ロジック308への入力として、与えられる。

【0032】角速度センサー及び加速度計の出力は、座標変換ユニット314を介してカルマン・フィルタに送られる。このユニットは、センサー出力を慣性座標系へと変換するロジックを与える。カルマン・フィルタの出力360つまり、推測航法により判定される車両の距離と方位に対応する信号は、調整ロジック308への入力として、与えられる。図示の実施形態において、調整ロジックは、例えば傾斜計210及び地磁気モジュール216である他の慣性誘導センサーからの入力を更に受入れる。調整処理は、例えばGPSモジュール220及び地図データベース228である、他の位置判定モジュールからの入力を更に受入れる。調整処理は、推測航法システムにより判定された距離と方位を、例えばGPS及び地図データベースである他の位置判定手段により判定された位置及び方位と統合する。位置又は方位のいずれかの移動が実行される。更新後の距離及び方位370は、調整処理により出力される。加えて、センサーの再校正も、調整ロジックから校正ロジック302へ送られる信号を用いて実行され得る。調整ロジックについての2つの実施形態の更なる詳細は、図9及び10及び付随する文章の中に、示される。

【0033】座標変換ユニット304により実行される処理は、角速度センサー212及び加速度計214両方のセンサ

ー出力を慣性座標系へ変換する。これは、慣性誘導センサー・パッケージ114の傾斜及び傾きに起因して、位置及び方位における誤差を取除くことが含まれる。図示の実施形態において、角速度センサー及び加速度計の両方共に三軸器械である。角速度センサーの出力は、センサー・パッケージの傾斜、傾き及び方位の変化の影響を含んだ、 $x$ 、 $y$ 及び $z$ 軸に沿っての角速度である。加速度計の出力は、センサー・パッケージの傾斜及び傾きの結果としてのその中の誤差を含んだ、 $x$ 、 $y$ 及び $z$ 軸に沿っての加速度である。本発明の別の実施形態においては、加速度及び角速度センサーが二軸器械となることになる。角速度センサーが、 $z$ 軸（ヨー速度）及び $x$ 又は $y$ 軸（ロール又はピッチ速度）のいずれか回りの角速度を計測することになろう。加速度計は、 $x$ 及び $y$ 軸に沿っての加速度を計測することになろう。本発明の更に別の実施形態においては、角速度センサー無しで2／3軸加速度計のみを用いて、推測航法が実行されることになろう。

【0034】サンプラー308において、慣性センサー出力つまり、角速度センサー212、加速度計214、傾斜計210そして、場合により地磁気センサー216の出力をサンプリングし、これらを校正ロジック302へ送ることにより、処理が始まる。GPSモジュール220の出力もまた、校正ロジックへ接続される。校正ロジックは、調整ロジック308からの制御入力を受入れ、慣性誘導センサーの出力を再校正する。再校正には、調整処理により判定された、更新後のゼロ・オフセット及び換算係数を、上述のセンサーそれぞれの出力が更に処理される前に、それらに適用することが、含まれ得る。しかしながら、再校正は、非慣性座標系での、慣性誘導センサー・パッケージの重力角の変化つまり、センサー・パッケージの回転に起因する誤差を、取除くわけではない。

【0035】再校正後に、角速度センサー及び加速度計の出力が、それぞれ、積分モジュール310及びローパス・フィルター・モジュール312への入力として、与えられる。積分モジュール310は、角速度を、傾斜と傾きの両方に起因する方位変化そしてセンサー・パッケージの方位の向きの変化の両方を含む、未加工角度 $\theta_{ith_{xyz}}$ へ変換する。ローパス・フィルター312は、計測された加速度を時間平均する。積分器及びローパス・フィルター・モジュールの出力は、座標変換ユニット304へ伝えられる。具体的には、積分モジュール310の出力336つまり、非慣性／車両座標系における車両の未加工角度が、慣性回転モジュール320への入力として、与えられる。ローパス・フィルター312の出力346つまり非慣性／車体座標系における未加工加速度ベクトルが、慣性座標系330への入力として、与えられる。

【0036】慣性座標モジュール330は、 $x$ 、 $y$ 、 $z$ 軸に沿っての平均加速度についてサンプリングされた値を受入れる。このモジュールは、計測された加速度を、擬似慣性／地球座標系へ投影する。その処理において、地球座

標に關しての車体面（及びセンサー・パッケージ）の角度及び、地球座標へ投影された計測加速度（慣性加速度）の大きさの両方が、決定される。本発明の実施形態において、計測された加速度の擬似慣性／地球座標系への投影処理は、 $x$ 及び／又は $y$ 軸の加速度計側値についての適切な換算係数を、 $z$ 軸の計測値が擬似慣性座標系で、車両の位置における重力定数及び／又は重力ベクトルの大きさの少なくとも一つに対応するという要件に基づいて、決定する工程を、含む。回転換算係数は、重力角度に換算して表され得る。重力角度の決定は、単純なもののから複雑なものへ亘ることになる。

【0037】重力は、定数である場合も変数である場合もある。重力が変数である実施形態において、重力計332は、慣性基準モジュール330へ、そこでの上述の計算又は変動のために、連続的な入力を与える。重力が例えばに一定である別の実施形態において、重力モジュール332が、一定値を慣性加速モジュールへ出力するレジスターとして機能する。慣性加速モジュールは、重力ベクトル別名重力角に対する車体面の角度を、座標変換ユニット320の一部である減算器326への入力として、発生する。

【0038】座標変換ユニット320はまた、加算器324での入力として、積分器310の出力つまり信号336における時間の関数としての車両のロールとピッチを受入れる。加算器は、これらのサンプル値を、線342で与えられる前のサンプル値からの地球座標における車両の方向の修正された角度に対応するフィードバック信号に加える。加算器324の出力は、加算器322そして微分器／減算器326の両方への入力として、与えられる。慣性基準モジュール330により与えられる重力ベクトルに対する角度は、減算器326において、加算器324により出力される未加工角度から減算され、誤差信号を発生する。誤差信号出力は、可変ゲイン・モジュール328への入力として与えられる。減算器により与えられる誤差信号は、角速度センサー出力の積分により計算された未加工角度を修正するのに用いられる。この誤差信号は、それぞれの軸について可変ゲイン328により乗算され、加算器322への入力として与えられる。ゲイン項は、地球座標での車両の方向を示す修正後の角度を得るのに用いられてきた誤差信号の大きさを決める。言い換えると、ゲインの値は、信号の誤差が角速度センサーの未加工角度信号を修正する際の時間定数を、決定する。本発明の実施形態において、ゲイン係数そして時間定数は、地図データベースにより示される車両が現在位置している道路区間に合致するように、変更され得る。本発明のこの実施形態において、地図データベースは、各道路区間の方位、形状、長さ及び位置そして道路区間の傾斜についての情報を記憶することになる。この情報を用いて、与えられた時点で車両が経験することになる操作に応じて、定数を設定することが出来る。例えば、市道で曲るのは4秒間かか

り、サンプラー308がサンプリング速度で100 Hzであり、そして、ロール軸についてのゲイン・パラメーターの値は、 $R = 1 / (4 \times 100) = 0.0025$ へ設定することが出来る。

【0039】この誤差信号（ゲインで乗算された後のもの）は、加算器322における未修正つまり未加工の角度に加えられる。この加算は、地球座標での車両の方向を表す修正後の角度を生じることになる。ゲイン項を用いてのこの角度安定化処理は、角速度センサー出力（短い時間尺度での信頼性が高い）により、短い時間尺度で支配されることになる。長い時間尺度においては、安定化処理は加速度計データ（長い時間尺度で信頼性が高い）により支配されることになる。それで、この処理が、短い期間と長い期間の両方について信頼性がある修正角度342を発生する。

【0040】ゲイン・パラメーター328は、各軸についてのデフォルト値を持つことになる。しかし、これらの値は、地図データベース内での車両の現在位置、この位置についての信頼度及び先に起こり得る操作に基き、調整され得るものである。定速での市道での旋回（高さの変化はない）については、ロール軸ゲイン項が最大の変化をすることになる。クローバー形的高速道路の出口ランプについてはロール項とピッチ項の両方が変化を必要とすることになる。共通の操作について計算された角度のゲイン項それぞれの影響の履歴を、特定の車両及び特

$$R_{21} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\theta_x & \sin\theta_x \\ 0 & -\sin\theta_x & \cos\theta_x \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\theta_y & 0 & -\sin\theta_y \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin\theta_y & 0 & \cos\theta_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \cos\theta_z & \sin\theta_z & 0 \\ -\sin\theta_z & \cos\theta_z & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

ロール ( $\theta_x$ )

ピッチ ( $\theta_y$ )

ヨー( $\theta_z$ )

【0042】この回転マトリックスは、純粋な加速度を発生するために、計測された加速度を回転することになる。修正された角度は、回転マトリックス・モジュール338内で上述の回転マトリックスを形成するために、用いられる。この回転マトリックスは、距離及び速度を計算するために用いられる（地球座標における）真の加速度ベクトルを得るために、未加工加速度ベクトルにより乗算される。

【0043】本発明の代替実施形態において、モジュール304（図8参照）に示された処理は、重力ベクトル

$$q_0 = \cos \frac{\xi}{2}, \quad q_1 = \alpha \cdot \sin \frac{\xi}{2},$$

は、ベクトルの大きさである。方向の変化が起こる際には、新たな四元数は、速度センサーからの角速度及び四元数速度を用い、数8を用いて、演算することが出来

定の運転スタイルについてのゲイン項を適応調整するために、保存することが出来る。道路区間の長さや形状を現在含む地図データベースに対しては、この処理を補助するために、地図データベース内に度傾斜及び道路のバンク角情報についてのデータを加えることが望ましい。

【0041】信号線342上の加算器322の出力は、カルマン又は他の適切な共分散フィルタ306への入力として与えら得る。加えて、同じ信号が、回転マトリックスを実現する回転モジュール338へのフィードバックとして与えられる。回転モジュールの出力つまり回転マトリックスは、乗算器340により、ローパス・フィルタ312により与えられる未加工の加速度で、乗算されて、真の加速度を発生する。これら真の加速度はまた、信号線344上のカルマン・フィルタ306への入力として、信号線346上の未加工加速度と共に、与えられる。回転マトリックスの動作が以下の例において示される。加速度ベクトル $a$ が $a_i = a_x i + a_y j + a_z k$ であると仮定し、 $i, j, k$ が $x, y, z$ 軸に沿っての単位ベクトルであり、 $a_x, a_y, a_z$ が車両フレーム内でのこれらの軸に沿っての成分であるとする。車両の傾き（つまりロール、ピッチ）の影響を取除くために、加速度ベクトルが、下記の回転マトリックスを形成する修正角度（ロール、ピッチ）を用いて、擬似慣性地球座標系へと変形され得る。すなわち、 $a_2 = R_{21} a_1$ である。ここで、

【数5】

（重力角度）そして真の加速度つまり擬似慣性座標系での加速度の両方の展開を時間の関数として示すために、四元数の使用により、補われつまり改良され得る。四元数は、座標系に対して車体の方向を独特の態様で表す4パラメーター表示である。

【数6】

$$q = q_0 + q_1 \vec{i} + q_2 \vec{j} + q_3 \vec{k}$$

ここで、

【数7】

$$q_2 = \beta \sin \frac{\xi}{2}, \quad q_3 = \gamma \sin \frac{\xi}{2}$$

る。

【数8】

$$\begin{Bmatrix} \dot{q}_0 \\ \dot{q}_1 \\ \dot{q}_2 \\ \dot{q}_3 \end{Bmatrix} = \frac{1}{2} \begin{pmatrix} -q_1 - q_2 - q_3 \\ q_0 & -q_3 & q_2 \\ q_3 & q_0 & -q_1 \\ -q_2 & q_1 & q_0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \dot{r} \\ \dot{p} \\ \dot{y} \end{pmatrix}$$

$\dot{r}$  = ロール,  $\dot{p}$  = ピッチ,  $\dot{y}$  = ヨー

この微分式の解は、デジタル又はアナログ・ロジックに実現され得る。

【0044】カルマン・フィルタ306にはまた、精度302を向上するために、傾斜計210及び地磁気センサー216からの入力を与えられる。本発明の更に別の実施形態において、カルマン・フィルタには、未加工角度336及び、非慣性加速度ベクトル346を含む、追加の入力を与えられ得る。

【0045】カルマン・フィルタ306は、当業者に周知の共分散決定処理を実現する。慣性センサー及びフレーム変形モジュールは、カルマン・フィルタへの入力として、擬似慣性座標系へ変形される車両の加速度及び傾きを発生する。カルマン・フィルタは、デジタル・コンピューター上でのリアルタイム演算の実行にそれを適したものにする一組の回帰式を用いて、形成される。カルマン・フィルタは、用いられるシステム及びセンサーの動特性の知識、計測ノイズ、処理ノイズ及び、システム及びセンサー・モデルの統計的表記そして関連する変数の初期状態についての知識を、利用する。カルマン・フィルタは、システムの現状の推定値を発生し、またシステムの将来の状態を予測するために、複数のセンサーからの計測値を解くのに、用いられ得る。カルマン・フィルタは、位置と方位の変化を連続的に加算することにより、初期位置及び初期方位から位置と方位の判定値を更新し、車両についての距離及び方位の更新後の推定値360を形成する。

【0046】図示の様な本発明のハイブリッド形の実施形態において、カルマン・フィルタにより与えられる距離と方位は、修正ロジック308へ与えられる。本発明の別の実施形態において、慣性誘導システム360の出力は、ハイブリッド・システムへ組合わせることなしに、距離と方位について排他的に用いられる。本発明の他の実施形態において、システムの推測航法／慣性誘導部分が、位置と方位の決定手段の他のものとの、マスター／スレーブ（図9参照）、スレーブ／マスター（図10参照）又はピアツーピアの制御関係のいずれかで利用される。これらの実施形態において、調整ロジック308は、GPSモジュール220及び地図データベース228の両方からの入力を受入れる。本発明の更に別の実施形態において、慣性誘導システム300は、慣性基準モジュール330を介して、カルマン・フィルタへ接続される、2／3軸加速度計214のみを、含む。このシステムは、上述の加速度計と速度センサーが組合わせられた実施形態より

も精度が落ちるものの、それでも、ある用途については、位置と方位の適切な判定値を与えることが出来る。

【0047】当業者に明らかである様に、上記のGPSモジュール及び地図データベースに加えて、又はそれらの代わりに、他の車両位置判定手段が、本発明の範囲から逸脱することなしに、ハイブリッド・システムにおいて、用いることが出来る。上述の加速度／角速度センサーは、それら相互と車両のシャシーについての特定の配列を持つ。つまり、互いに、そして車両のシャシーに直交する正のz軸と直交する。当業者に明らかな様に、本発明を実施するためには、センサーの、互いのそしてシャシーに対する直交性はいずれも、必要とされない。請求項記載の発明の範囲から逸脱することなしに、センサーの方位の変化の互いの、又は車両のシャシーに対する変化のいずれかを考慮して変形モジュールの出力を調整するために、追加のロジックを加えることが出来る。

【0048】図9及び10は、推測航法／慣性誘導モジュールがその中で機能する処理の2つの実施形態を示し、それぞれにおけるモジュールは、他の車両位置／方位判定手段とのマスター／スレーブ及びスレーブ／マスターの関係にある。

【0049】図9は、調整ロジック308（図8参照）内で実行される処理のマスター／スレーブの実施形態を示す。このハイブリッド実施形態において、推測航法／慣性誘導処理450は、それにより作られる位置と方位の判定値の再校正及び／又は移動について利用される種々の他の位置／方位判定処理に対して、マスター関係で機能する。図示の実施形態において、スレーブ処理には、GPS処理452と地図データベース処理454の両方が含まれる場合がある。

【0050】推測航法ロジック450での処理は、処理400で始まる。処理400において、次の推測航法距離／方位判定値が調整ロジック308により出力360（図8参照）を介して受信される。その判定値は、絶対的な距離及び方位の形態とされても、先の位置及び方位に対する距離及び方位の形態とされても良い。後者の場合において、位置と方位は、速度ベクトルの累積変化として、加速度ベクトルとして、又は距離及び方位の両方における累積変化として、表すことが出来る。制御はそして、処理402へ進む。処理402において、更新後の位置及び方位が、カルマン・フィルタからの距離と方位の出力360を用いて、生成される。そして、制御は全体として、GPSをベースとするロジック452へ送られる。

【 0 0 5 1 】 GPSロジック処理の第 1 のものは判断処理 404 である。判断処理 404 において、ある信頼性要件に合致する新たな GPS 読取り値があるか否かについての判断がなされる。GPS 情報は、推測航法が導く位置情報の対応するサンプルに適合される。例えば、GPS モジュール 220 ( 図 8 参照 ) が絶対計測値 ( 例えば位置 / 方位 ) 又は相対計測値 ( 例えば、位置 / 方位又は速度ベクトルの変化 ) を発生する場合に、それら計測値が信頼性に欠ければ、用いられ得ない。例えば、計測された速度ベクトルの大きさが例えば 1.5 m/sec である閾値を下回る場合には、GPS 速度ベクトル計測値は、信頼性があるとは見做され得ない。特定の期間に、GPS データが信頼性がないか利用できない場合には、制御は次の処理のために地図 / データベース・ロジック 454 へ直接進む。反対に、信頼性ある GPS 情報が利用出来る場合には、制御は処理 406 へ進む。処理 406 において、GPS データは、必要とされるパラメータの変換がなされた後で、推測航法モジュール 300 ( 図 8 参照 ) からの同様のデータと比較される。制御はそして、判断処理 408 へ進む。判断処理 408 において、GPS によるデータが、推測航法が導くデータと矛盾がないかについての判断がなされる。この判断が肯定的である場合に、制御は直接地図データベース・ロジック 454 へ進められる。反対に、GPS データが矛盾していれば、制御は判断処理 412 へ進む。判断処理 412 において、推測航法の位置及び方位が修正される必要があるか否かについての判断がなされる。その判断が否定的であれば、制御は直接に地図データベース・ロジック 454 へ進む。反対に、推測航法ロジック 450 により判定された位置と方位の移動が、瞬間的により信頼性ある GPS が導く測定値に合致させるために、なされる必要があると判断された場合には、制御は次に処理 416 へ進む。処理 416 において、推測航法ロジック 450 により判定された位置と方位が、GPS モジュールにより判定された位置と方位へ移動される。位置と方位を移動させる判断は、ある閾値条件に合致した場合にのみ、実行され得る。例えば、データに矛盾があるが、その矛盾の量がある閾値を下回る場合には、位置移動がなされることはない。これが、ユーザに対しジグザクの位置判定を示し、混乱を生じさせるのを、回避する。しかしながら、誤差がある閾値を越える場合には、制御は処理 416 へ進むことになる。処理 416 において、GPS が判定した位置及び方位は、GPS が導く位置に向け、推測航法が判定した位置及び方位の換算係数を用いて、移動されることになり、そして、それは、更なる推測航法判定をするのに用いることになる基礎として用いられ得る。制御は、そして地図データベース・ロジック 454 へ進む。

【 0 0 5 2 】 推測航法処理における累積誤差は、その精度をある期間にわたり低下させる。車両の真の位置についての不確実性を小さくするために、マップ・マッチング・アルゴリズムが利用される。推測航法の作動が、

車両が特定の道路区間のある位置にあることを ( 曲り角などを用いて ) 示す際に、車両位置は地図上に示された位置に調整され得て、それにより、車両位置の累積誤差を除去する。海上又は空中におけるナビゲーションとは異なり、道路運送車両についてのナビゲーションは、駐車場や私道などへの一時的な逸脱を除いて、道路ネットワークに拘束されるのが普通であるので、マップ・マッチング法が機能する。

【 0 0 5 3 】 地図データベース・ロジック処理の最初のもは、判断処理 424 である。判断処理 424 において、マップ・マッチングが機能できるか否かについての判断がなされる。マップ・マッチングが必要な期間利用出来ない場合には、制御は直接処理 440 へ進む。反対に、マップ・マッチングが利用出来る場合には、制御は処理 426 へ進む。処理 426 において、可能性のある地図の領域から道路区間が選択される。選択された道路区間はそして、車両の方位に対する方向及び、前の地図位置及び / 又は推測航法位置の両方との連続性に関して、比較される。最も良く合致したものが、選択される。制御はそして、判断処理 428 へ進む。判断処理 428 において、選択された道路区間の最も良く合致する位置における信頼性レベルが評価される。信頼性レベルが要求される閾値を越えている場合には、制御は処理 440 へ進む。反対に、信頼性レベルが許容レベルを下回る場合には、制御は判断処理 432 へ進む。

【 0 0 5 4 】 判断処理 432 において、推測航法位置と方位が、マップ・マッチングと推測航法が導く位置の推定値の間の相関を向上させるために、修正される必要があるか否かについての判断がなされる。その判断が否定的である場合には、制御は直接処理 440 へ進む。反対に、推測航法ロジック 450 により判定された位置と方位の移動が、マップ・マッチング処理と対応させられる必要があるとの判断がなされる場合には、制御は処理 436 へ進む。処理 436 において、推測航法ロジック 450 により判定された位置と方位が、マップ・マッチング / データベース・モジュールにより判定された位置と方位に移動される。位置と方位を移動するための判断は、ある閾値条件に合致しているときにのみ、実行され得る。例えば、データに矛盾はないが、矛盾の大きさがある閾値を下回る場合には、位置の移動がなされることはない。これが、ユーザに対しジグザクの位置判定を示し、混乱を生じさせるのを、回避する。しかしながら、誤差が閾値を越える場合には、制御は処理 436 へ進むことになる。処理 436 において、マップ・マッチング / データベースが判定した位置と方位が、推測航法が判定した位置と方位に置き換えられることになり、そして、それは、更なる推測航法判定をするのに用いることになる基礎として用いられ得る。制御は、そして処理 440 へ進む。

【 0 0 5 5 】 処理 440 において、更新後の位置と方位の情報が、出力通報機モジュール 242 ( 図 7 参照 ) を介し

てユーザーへ表示される。

【0056】図10は、調整ロジック308（図8参照）内で実行されるマスター／スレーブ形の実施形態を示す。このハイブリッド形の実施形態において、推測航法／慣性誘導処理452及びマップ・マッチング／データベース処理454は、GPS位置／方位判定処理450に対してスレーブ関係で機能する。推測航法及びマップ・マッチング処理は、状態が保証される場合には、GPSロジック550によりなされる位置と方位の判定値を移動するのに、利用される。

【0057】GPSロジック550での処理は、処理500で開始する。処理500において、次のGPS距離／方位判定値が、調整ロジック308によりGPSモジュール220（図8参照）を介して受信される。その判定値は、絶対位置と方位の形態とされても、前のベクトルとの関係で用いられる場合には絶対位置と方位を発生するのに積分され得る速度ベクトルの様な、位置と方位の相対表示の形態とされても良い。後者の場合において、位置と方位は、速度ベクトルの累積変化、又は距離及び方位の両方における累積変化として、表すことが出来る。制御はそして、処理502へ進む。処理502において、更新後の位置及び方位が、GPSデータを用いて、生成される。そして、制御は全体として、推測航法／慣性誘導ロジック552にへ送られる。

【0058】推測航法／慣性誘導処理の第1のものは判断処理504である。判断処理504において、ある信頼性要件に合致する新たな推測航法／慣性誘導読取り値があるか否かについての判断がなされる。推測航法／慣性誘導情報は、GPSが導く位置情報に相関される。推測航法／慣性誘導モジュール300（図8参照）が絶対計側値（例えば位置／方位）又は相対計側値（例えば、位置／方位又は速度ベクトルの変化）である場合に、それら計側値が信頼性に欠ければ、用いられ得ない。特定の期間に、推測航法／慣性誘導データが信頼性がないか利用できない場合には、制御は次の処理のために地図／データベース・ロジック554へ直接進む。反対に、信頼性ある推測航法／慣性誘導情報が利用出来る場合には、制御は処理506へ進む。処理506において、GPSデータは、必要とされるパラメーターの変換がなされた後で、GPSモジュール220（図8参照）からのデータと比較される。制御はそして、判断処理508へ進む。判断処理508において、推測航法／慣性誘導によるデータが、GPSが導くデータと矛盾がないかについての判断がなされる。この判断が肯定的である場合に、制御は直接地図データベース・ロジック554へ進められる。反対に、データが矛盾していれば、制御は判断処理512へ進む。判断処理512において、推測航法の位置及び方位が修正される必要があるか否かについての判断がなされる。その判断が否定的であれば、制御は直接に地図データベース・ロジック554へ進む。反対に、GPSロジック550により判定された位置と方

位の移動が、瞬間的により信頼性ある推測航法／慣性誘導が導く測定値に合致させるために、なされる必要があると判断された場合には、制御は次に処理516へ進む。処理516において、GPSロジック550により判定された位置と方位が、推測航法／慣性誘導モジュールにより判定された位置と方位へ移動される。位置と方位を移動させる判断は、ある閾値条件に合致した場合にのみ、実行され得る。例えば、データに矛盾があるが、その矛盾の量がある閾値を下回る場合には、位置移動がなされることはない。これが、ユーザに対しジグザクの位置判定を示し、混乱を生じさせるのを、回避する。しかしながら、誤差がある閾値を越える場合には、制御は処理516へ進むことになる。処理516において、推測航法／慣性誘導が判定した位置及び方位が、GPSが判定した位置及び方位に置き換えられることになる。制御は、そして地図データベース・ロジック554へ進む。

【0059】地図データベース・ロジック処理の最初のもは、判断処理524である。判断処理524において、マップ・マッチングが機能できるか否かについての判断がなされる。マップ・マッチングが必要な期間利用出来ない場合には、制御は直接処理540へ進む。反対に、マップ・マッチングが利用出来る場合には、制御は処理526へ進む。処理526において、可能性のある地図の領域から道路区間が選択され、そして、車両の方位に対する方向及び、前の地図位置及び／又は推測航法位置の両方との連続性に関して、比較される。最も良く合致したものが、選択される。制御はそして、判断処理528へ進む。判断処理528において、選択された道路区間の最も良く合致する位置における信頼性レベルが評価される。信頼性レベルが要求される閾値を越えている場合には、制御は処理540へ進む。反対に、信頼性レベルが許容レベルを下回る場合には、制御は判断処理532へ進む。

【0060】判断処理532において、推測航法位置と方位が、マップ・マッチングと推測航法が導く位置の推定値の間の相関を向上させるために、修正される必要があるか否かについての判断がなされる。その判断が否定的である場合には、制御は直接処理540へ進む。反対に、推測航法ロジック550により判定された位置と方位の移動が、マップ・マッチング・データベースを用いて実行されるマップ・マッチング処理と対応させられる必要があるとの判断がなされる場合には、制御は処理536へ進む。処理536において、推測航法ロジック550により判定された位置と方位が、マップ・マッチング・モジュールにより判定された位置と方位に移動される。位置と方位を移動するための判断は、ある閾値条件に合致しているときにのみ、実行され得る。例えば、データに矛盾はないが、矛盾の大きさがある閾値を下回る場合には、位置の移動がなされることはない。これが、ユーザに対しジグザクの位置判定を示し、混乱を生じさせるのを、回避する。しかしながら、誤差が閾値を越える場合には、制

御は処理536へ進むことになる。処理536において、マップ・マッチング／データベースが判定した位置と方位が、推測航法が判定した位置と方位に置き換えられることになり、そして、それは、更なる推測航法判定をするのに用いることになる基礎として用いられ得る。制御は、そして処理540へ進む。

【0061】処理540において、更新後の位置と方位の情報が、出力通報機モジュール242（図7参照）を介してユーザーへ表示される。

【００６２】本発明の好ましい実施形態の先の説明は、図示と説明の目的でなされた。それは、排他的であったり、開示された形態そのものに発明を限定するという意図でなされたものではない。多くの改良案及び変形例が、当業者には自明であることは、明らかである。本発明の範囲が、先の請求項及び均等物により規定されることが、意図されている。

【0063】

【発明の効果】本発明によれば、前の位置から現在位置を判定する際に、柔軟性があり、精度が高く、効率が高い車両用ナビゲーション・システムを提供することが出来る。そして、本発明の車両用ナビゲーション・システムは、コスト的に有利で、小型にすることが出来る。

【図面の簡単な説明】

【図1】 車両用推測航法ナビゲーション・システムの  
ための擬似慣性座標系を示す。

【図2】 図1に示される慣性座標系に関して、車両の方向の断面図である。

【図3】 図1に示される慣性座標系に関して、車両の方向の断面図である。

【図4】 左旋回をしている車両の、図1に示される慣性座標系に関しての、上面図である。

【図5】 擬似座標系及び、傾斜及び加速により導かれる座標系に対しての車両の回転の、側面図である。

【図6】 擬似座標系及び、傾斜により導かれる座標系  
 に対しての車両の回転の、側面図である。

【図7】 車両用ナビゲーション・システムの実施形態の構成部品のハードウェア・ブロック図である。

【図8】 車両用ナビゲーション・システムの推測航法部分の実施形態のソフトウェア／ハードウェア・ブロック図である。

【図9】 一次経路誘導が図8に示された推測航法システムによりなされ、二次経路誘導がGPSと地図データベースによりなされる、ハイブリッド形の車両用ナビゲーション・システムの実施形態の処理フロー図である。

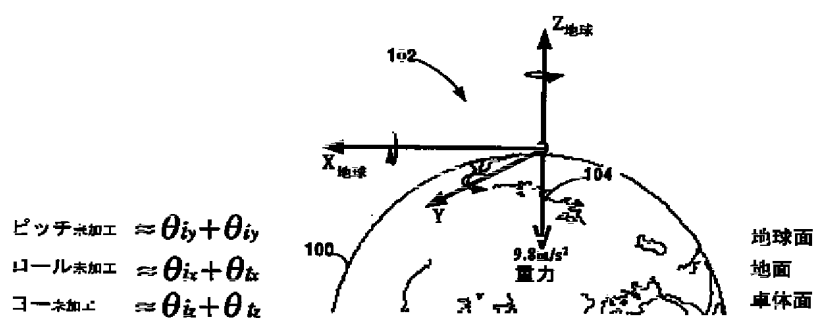
【図10】 一次経路誘導がGPSによりなされ、二次経路誘導が推測航法と地図データベースの組み合わせによりなされる、処理フロー図である。

【符号の説明】

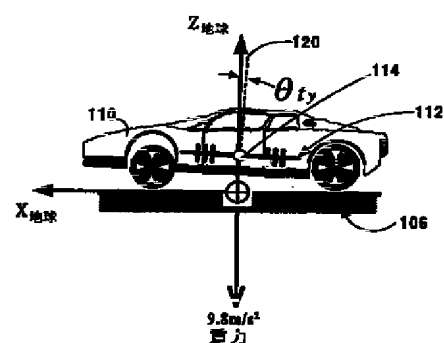
102 慣性座標系

110 車両

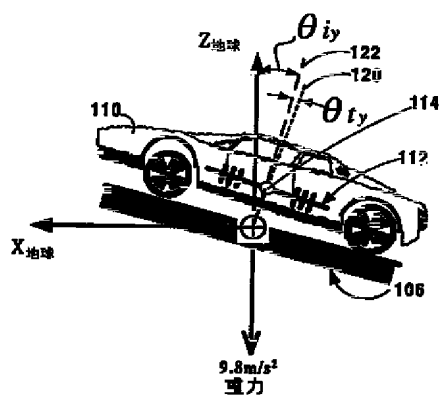
【図1】



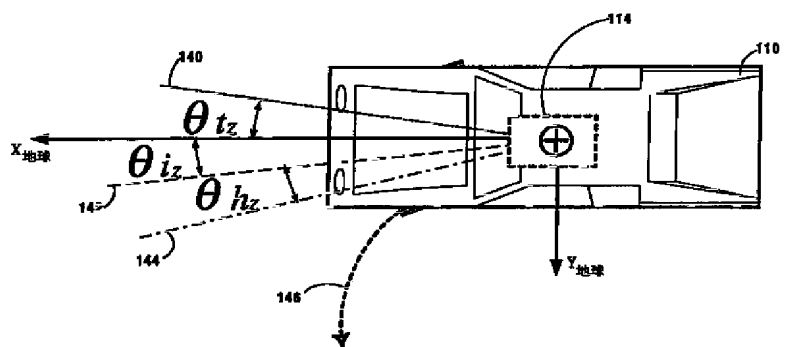
【图2】



【図3】

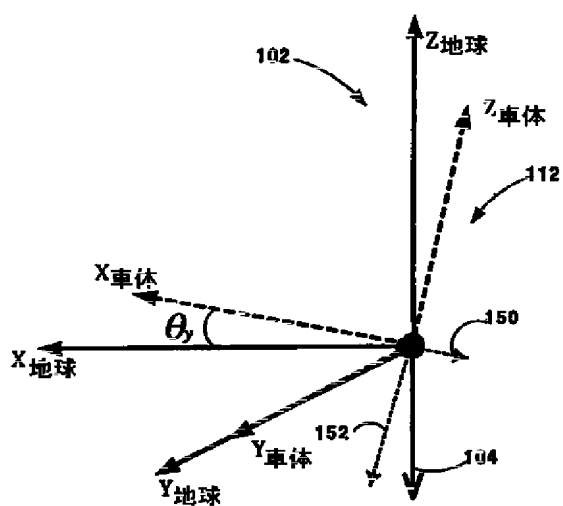


【図4】

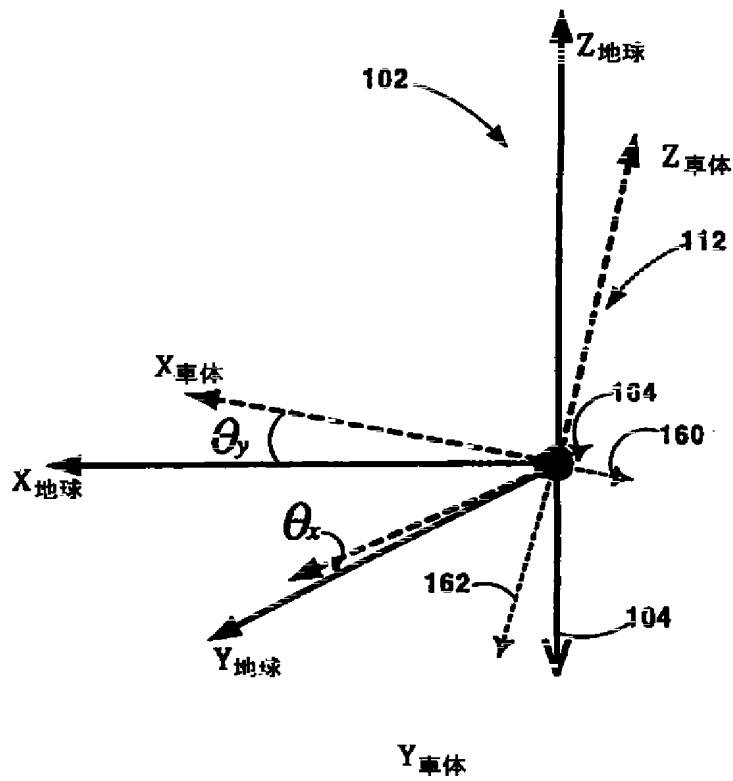


地球面	ピッチ未加工 $\approx \theta_{iy} + \theta_{iy}$
地面	ロール未加工 $\approx \theta_{iz} + \theta_{iz}$
車体面	ヨ 未加工 $\approx \theta_{kz} + \theta_{kz}$

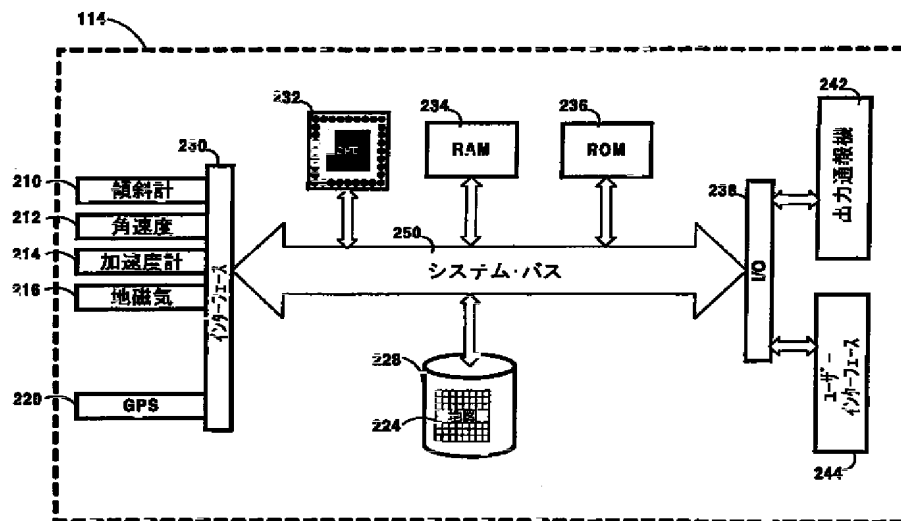
【図5】



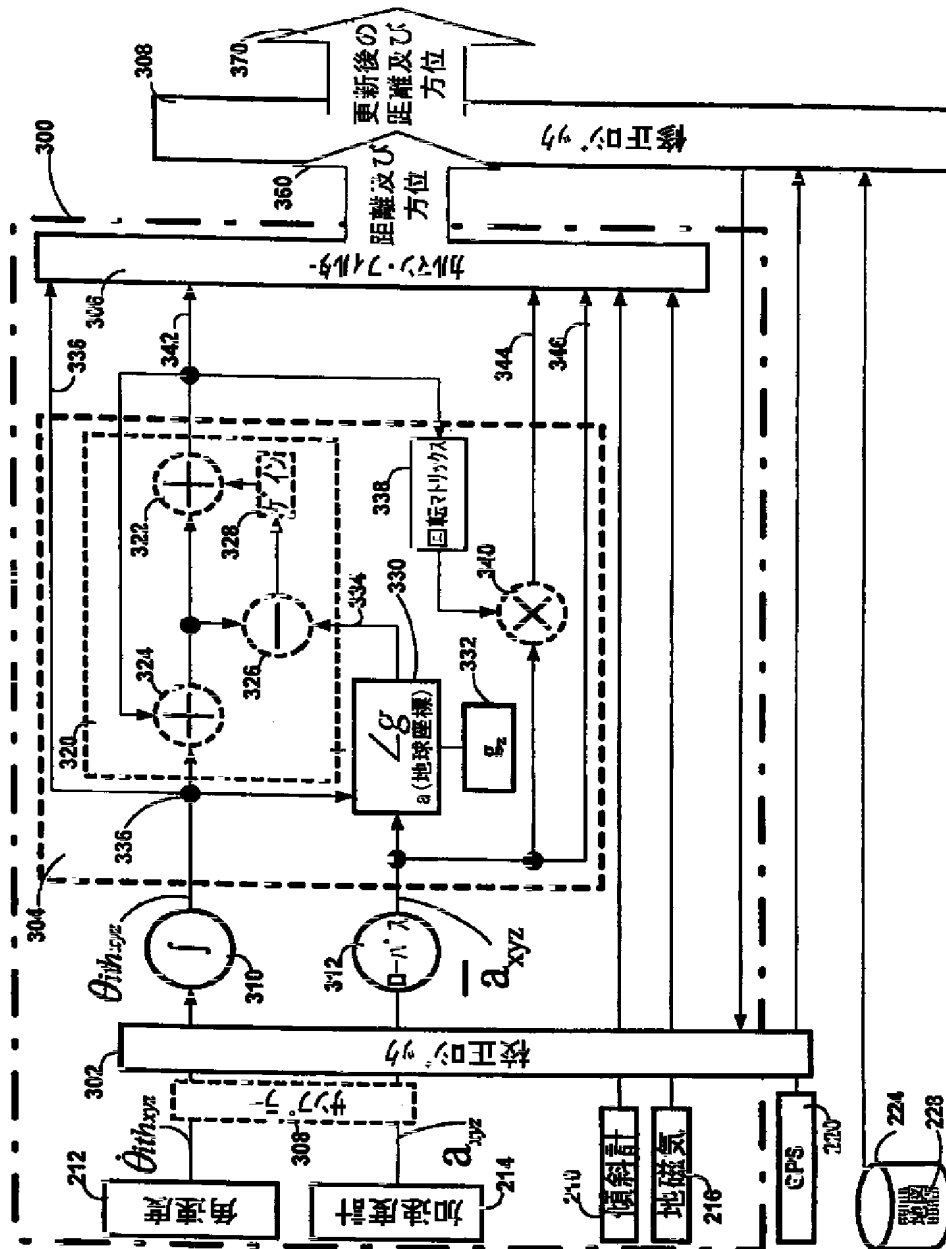
【図6】



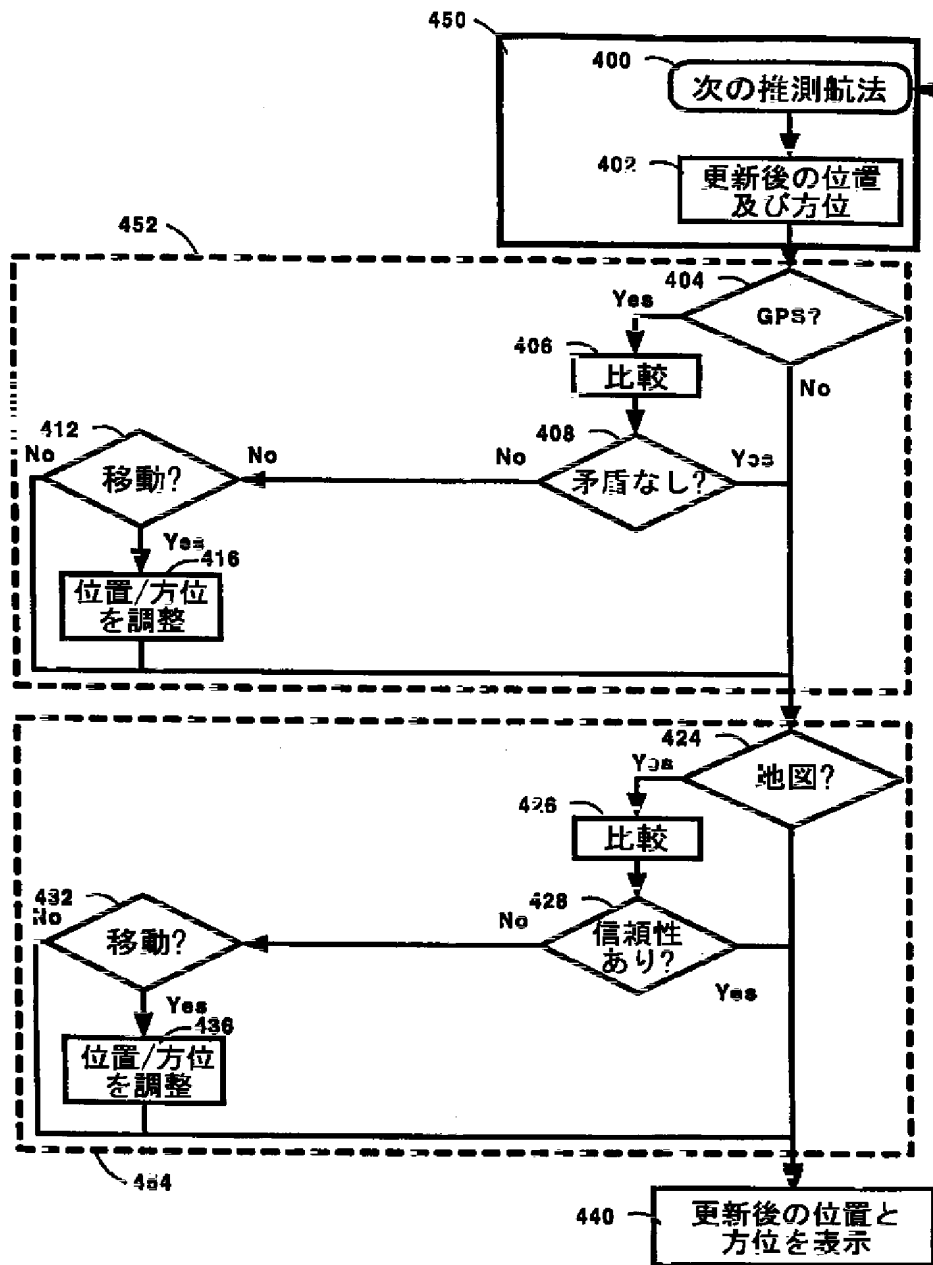
【図7】



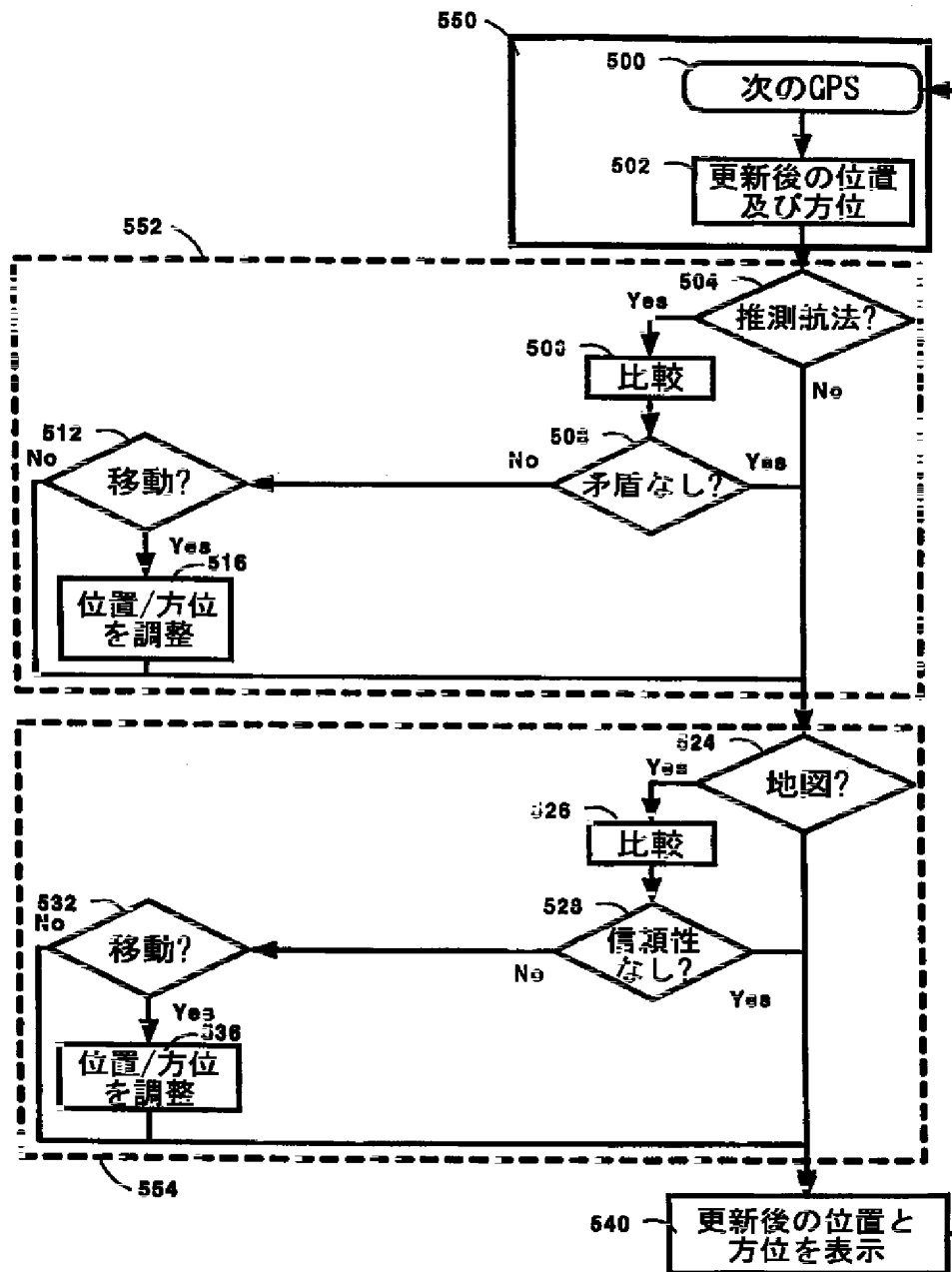
【図8】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

F ターム(参考) 2C032 HB05 HB22 HC08 HD03 HD16  
HD30  
2F029 AA02 AB03 AB07 AC02 AC04  
AC18 AD01  
5H180 AA01 FF05 FF07 FF22 FF27  
FF32  
5J062 AA05 BB01 CC07 HH05